

Висновок. При лінійному описі визначення контрастності елементів [8] узагальнений контраст зображення після безінерційних нелінійних статистичних перетворень не залежить від сюжету перетворюваного зображення, його контрасту та гістограми, а є характеристикою цього перетворення. Це дозволяє обчислювати його наперед. Узагальнений контраст зображень з яскравостями елементів, що розподілені за рівномірним законом, дорівнює 0,5. У випадку ж показникового розподілу його визначають за виразом (17).

1. Hall E.L. *Almost Uniform Distribution for Computer Image Enhancement*. // *IEEE Trans. on Computers*. – 1974. – Vol.23, № 2. – P. 207–208. 2. Нестерук В.Ф. *Вопросы построения нелинейных статистических алгоритмов обработки изображений* // *Оптический журнал*. – 1992. – № 12. – С. 52 – 64. 3. Мирошников М.М. *Теоретические основы оптико-электронных приборов*. – Л.: Машиностроение, 1983. – 696 с. 4. Воробель Р.А. *Сприйняття сюжетних зображень та кількісна оцінка їх контрасту на основі лінійного опису визначення контрастності елементів* : Доповіді НАН України. – 1998. – № 9. – С. 103–108. 5. Воробель Р.А. *Цифрова обробка зображень на основі теорії контрастності* // Автореф. дис. д-ра техн. наук Львів: ДНДІ ІІ, 1999. – 33 с. 6. Воробель Р. *Визначення узагальненого контрасту функціонально перетворених зображень при лінійному описі контрасту його елементів* // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”* 2000. – № 413. – С. 61–68. 7. Прэтт У. *Цифровая обработка изображений*. М.: Мир, 1982. – 790 с. 8. Воробель Р.А. *Лінійний опис визначення контрастності елементів зображення* // *Доп. НАН України*. – 1998. – № 1. – С. 127 – 131.

УДК 621.384.3

Віталій Гой, Зенон Грицьків, Петро Кондратов
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

БАГАТОПОЛЬОВІ РОБОЧІ ЦИКЛИ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ КАМЕРИ

© Гой Віталій, Грицьків Зенон, Кондратов Петро, 2001

Проведено порівняльний аналіз відомих та запропоновано нові варіанти реалізації багатопольового робочого циклу піровідиконної тепловізійної камери для звичайного піровідикона та РЕМЕТ відикона, які враховують особливості обробки відеосигналу та режиму роботи фокусууючо-відхилювальної системи, забезпечують простоту схемотехніки, покращання чутливості і просторової роздільної здатності.

The comparative analysis of the known operating cycle variants is performed for infrared cameras based on pyroelectric vidicon and PEMET vidicon. There are considered new multi-field operating cycles which take into account peculiarities of signal processing and focus-deflection system operating mode, provide simple design, improve sensitivity and spatial resolution.

Вступ. Робочий цикл тепловізійної камери (ТК) на основі піровідикона суттєво відрізняється від такої звичайної передавальної відиконної тепловізійної камери видимого

діапазону. Зокрема, піровідикон переважно працює в режимі модуляції потоку інфрачервоного випромінення, синхронної з частотою полів розгортки [1, 2]. При цьому потенціальний рельєф (а також відеосигнал) генерований при закритому та відкритому положеннях модулятора випромінення є протилежним за полярністю. Відмінністю піровідиконної ТК є також необхідність в додатковому підготовчому скануванні мішені, під час якого формується так званий п'єдестал (додатний потенціал зміщення сканованої поверхні мішені піровідикона), який уможливорює зчитування біполярного потенціального рельєфу. Отже, робочий цикл ТК полягає в узгодженому з модуляцією потоку випромінення багатофазовому скануванні мішені, коли для кожної точки мішені циклічно здійснюються фази підготовки та зчитування.

Від реалізації робочого циклу залежать основні показники ТК, зокрема чутливість та просторова роздільна здатність (ПРЗ). Відома значна кількість публікацій [2-7], які присвячені аналізу показників та пошуку ефективного робочого циклу піровідиконної ТК. Однак відомі варіанти реалізації робочого циклу не враховують деяких особливостей роботи піровідикона, вимагають значного ускладнення ТК. Практично відсутні роботи, в яких би проводився пошук ефективного робочого циклу для нової модифікації піровідикона – РЕМЕТ (pyroelectric modulation effect tube). Тому в цій роботі проводиться порівняльний аналіз відомих варіантів реалізації робочого циклу піровідиконної ТК та пропонуються нові, більш ефективні варіанти.

Нижче розглянуті найбільш відомі на сьогодні варіанти реалізації робочого циклу ТК, їх недоліки, а також пропонувані варіанти організації циклів формування сигналу.

2-польовий робочий цикл з 2-фазовим скануванням мішені. Цей варіант є найпростішим та найбільш уживаним [2]. На період модуляції припадає 2 поля розгортки – по одному для відкритого та закритого положень модулятора. При цьому сигнал генерований в суміжних полях має протилежну полярність. П'єдестал створюється в режимі швидких електронів під час зворотного ходу рядкової розгортки (РР) (фаза компенсації), а зчитування потенціального рельєфу (фаза зчитування) – в режимі повільних електронів під час прямого ходу РР. У фазі зчитування потенціал катода становить 0 В, його змінюють до $-70\dots-90$ В в фазі компенсації.

Модуляційна передавальна функція (МПФ) ланки “мішень – модулятор випромінення” для 2-польового робочого циклу описується залежністю [8]

$$M(f) = \frac{1 - \beta \cdot \tanh\left(\frac{(\pi f)^2 D}{f_m}\right)}{1 + \beta \cdot \frac{(\pi f)^2 D}{f_m}}, \quad (1)$$

де f_m – частота модуляції; f – просторова частота; D – коефіцієнт термодифузії; β – коефіцієнт комутаційної інерційності.

Такий робочий цикл є повністю сумісним із телевізійним стандартом розкладу (625/25) та дозволяє застосувати типову схемотехніку розгорток, проте створений п'єдестал має значний рівень шумів та є суттєво неоднорідним через флуктуації коефіцієнта вторинної емісії по площі мішені, нелінійність зворотного ходу РР [2], растрову структуру п'єдесталу [9] тощо. Недоліком є також те, що залишковий (після фази зчитування) потенціальний рельєф у фазі компенсації не стирається, що призводить до зменшення генерованого сигналу.

Усунення різнополярності відеосигналу, зчитаного під час відкритого (закритого) положень модулятора, покращання однорідності фону зображення та відношення сигнал/шум (С/Ш) можна досягнути застосуванням різницевої обробки відеосигналу [6], яка полягає в формуванні різницевого сигналу двох суміжних полів розгортки. Завдяки різницевій обробці амплітуда корисної складової сигналу подвоюється, а однакові від поля до поля корельовані завади (структурні шуми та неоднорідності п'єдесталу) усуваються.

2-польовий робочий цикл з 3-фазовим скануванням мішені. Покращання якості підготовки мішені можна досягнути переходом до 3-фазового сканування мішені за схемою “компенсація – вирівнювання – зчитування” [3, 4]. Під час фази компенсації вторинноемісійним методом створюється нерівномірний надлишковий п'єдестал. Під час фази вирівнювання мішень сканується в режимі повільних електронів при значному струмі електронного пучка, а на катод піровідикона подається незначний потенціал (переважно додатний). При цьому потенціал сканованої поверхні мішені (тобто рівень п'єдесталу) знижується (вирівнюється) приблизно до потенціалу катода, завдяки чому придушуються неоднорідності розподілу та шуми п'єдесталу, а також стирається залишковий потенціальний рельєф. Таким чином 3-фазове сканування мішені дозволяє збільшити рівень сигналу та знизити рівень шумів п'єдесталу, що істотно покращує відношення С/Ш.

Враховуючи відсутність впливу залишкового потенціального рельєфу, можна показати, що при використанні 3-фазового сканування мішені МПФ ланки “мішень – модулятор випромінювання” описується такою залежністю [8]:

$$M(f) = (1 - \beta) \frac{\tanh((\pi f)^2 D / f_m)}{(\pi f)^2 D / f_m}, \quad (2)$$

тобто забезпечує більший в $1 + \beta$ разів рівень сигналу порівняно із звичайним 2-фазовим

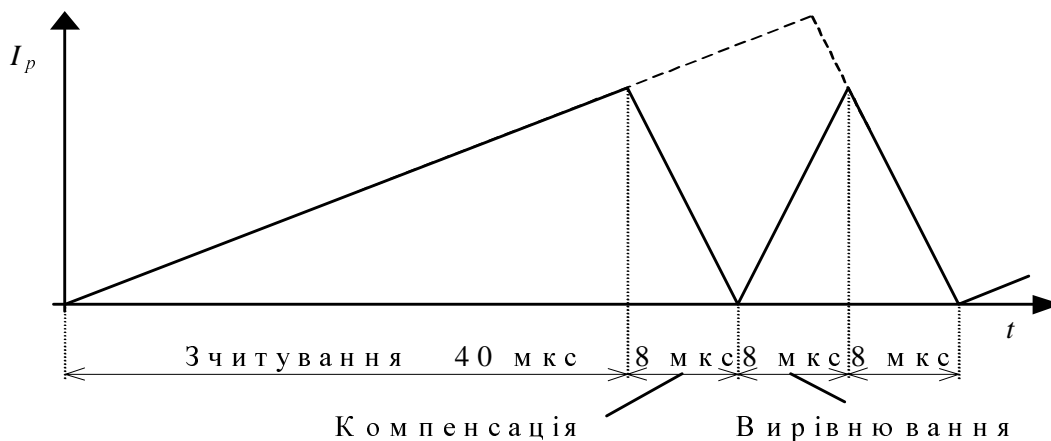


Рис. 1. Форма рядкових відхилювальних струмів для PNS методу створення п'єдесталу. Пунктиром показано форму відхилювальних струмів для 2-фазового сканування мішені

методом сканування мішені, описаним вище (рівняння (1)).

У роботах [3, 4] усі фази робочого циклу пропонується здійснювати в одному полі розгортки, реалізуючи послідовність фаз сканування “зчитування–компенсація–вирівнювання” циклічно рядок за рядком. Для додаткових сканувань використовується час зворотного ходу РР та час вивільнений при переході до формату кадру 1:1 при збереженні

попередньої швидкості сканування (див. рис. 1) – PNS (pedestal noise suppression) метод [3]. Кадрова розгортка при цьому виконується лінійно-ступінчастою, щоб забезпечити просторове відставання рядків фаз підготовки мішені від рядка фази зчитування. PNS метод дозволяє покращити відношення С/Ш максимально в $\sqrt{2}$ раза для стандартного ТВ режиму сканування.

Проте PNS методу притаманні такі недоліки:

1. Надто малий час допоміжних сканувань і труднощі практичної реалізації РР (в [3] для демонстрації методу використано вдвічі нижчі від стандартних частоту полів і кількість рядків розкладу).

2. Необхідність просторово-часового узгодження усіх фаз сканування через відмінність растрів у режимах повільних та швидких електронів [10].

3. Рядки зчитування просторово не збігаються з рядками вирівнювання, що погіршує ефективність методу та може призвести до виникнення муару.

Крім цього, зміну формату кадру доцільніше використати для зменшення смуги частот відеосигналу і покращання ефективності зчитування, чим можна досягнути сумірного з PNS покращання відношення С/Ш [8].

Для усунення недоліків PNS методу нами пропонуються багатопольові робочі цикли, в яких фази підготовки мішені здійснюються в окремому полі (полях) розгортки.

Багатопольові робочі цикли. Розглянемо загальні можливості здійснення 3-фазового сканування в декількох полях розгортки. Недоліком здійснення підготовчих сканувань в окремому(их) полях розгортки є зменшення кількості активних полів розгортки і, відповідно, частоти оновлення зображення на відеоконтрольному пристрої. Проте, в силу специфіки застосування піровідиконних ТК (спостереження переважно за стаціонарними об'єктами) та значної теплової постійної часу мішені (десяті частки секунди), частота оновлення зображення, як правило, не має суттєвого значення, а регенерацію зображення на відеоконтрольному пристрої легко можна здійснити із стандартною частотою за допомогою відповідної модифікації вузла процесора попередньої обробки сигналу піровідиконної ТК. Частота оновлення зображення переважно має значення лише тоді, коли формується зображення динамічних об'єктів, а для покращання відношення С/Ш ТК працює в режимі накопичення кадрів.

Існує принципова можливість виконання фази вирівнювання під час кадрового зворотного ходу розгортки чи під час окремого поля розгортки, тривалість якого є меншою, порівняно із тривалістю поля зчитування. Проте такий підхід призводить до неоднаковості часу накопичення по площі мішені та до відсутності просторової збіжності рядків вирівнювання і зчитування. Отже, сканування в фазі вирівнювання повинно бути ідентичним скануванню в фазі зчитування, а отже, виконуватись в стандартному полі розгортки. Забезпечити необхідну просторово-часову послідовність фаз сканування найлегше, здійснюючи в окремому полі розгортки також і фазу компенсації.

Оскільки тривалість фази компенсації та положення її рядків по відношенню до рядків інших фаз сканування є некритичними (на відміну від фази вирівнювання), збільшити кількість активних полів розгортки можна здійсненням фази компенсації, наприклад, під час рядкового зворотного ходу в полі зчитування (вирівнювання), чи під час кадрового зворотного ходу поля зчитування. При цьому, для забезпечення необхідної просторово-часової

послідовності фаз сканування перший варіант вимагатиме ускладнення кадрової розгортки та фокусуєчно-відхилювальної системи (ФВС), а другий – ускладнення РР для забезпечення достатньої кількості рядків сканування під час зворотного ходу кадрової розгортки.

Важливим питанням є також синхронізація фази вирівнювання з модуляцією потоку випромінювання. Оскільки в фазі вирівнювання стирається залишковий потенціальний рельєф і починається накопичення потенціального рельєфу, фазу вирівнювання доцільно починати одночасно із зміною стану модулятора. У цьому випадку накопичення потенціального рельєфу буде починатися одночасно із накопиченням теплового рельєфу, що забезпечить меншу термодифузію теплового рельєфу, а відтак – кращу ПРЗ.

З метою уможливлення застосування різницевої обробки робочий цикл повинен передбачати зчитування потенціального рельєфу при відкритому і закритому положеннях модулятора, причому сканування, здійснювані в кожному півперіоді модуляції, повинні збігатися в просторі. Наприклад, як показано в [8], застосування черезрядкової розгортки призведе до погіршення ефективності обробки. Враховуючи наведене, розглянемо можливі варіанти реалізації багатопольових робочих циклів.

Одним з можливих є варіант з 4-польовим робочим циклом. Часові діаграми такого циклу роботи піровідикона для однієї точки мішені показано на рис. 2. У першому полі (одразу після відкриття модулятора) під час прямого ходу РР здійснюється фаза вирівнювання п'єдесталу. Під час зворотного ходу РР в цьому ж полі створюється п'єдестал (фаза компенсації). Для забезпечення просторового відставання рядка компенсації відносно рядка вирівнювання, кадрова розгортка повинна бути лінійно-ступінчастою, чого можна досягнути, наприклад, застосуванням ФВС із додатковою кадровою відхилювальною котушкою, яка на час зворотного ходу під'єднується до джерела постійного струму (для PNS методу необхідне аналогічне узгодження 3-х фаз сканування).

Рівень п'єдесталу по завершенні фаз компенсації та вирівнюванні на рисунку позначено як U_p . У другому полі здійснюється зчитування накопиченого за час 1-го поля потенціального рельєфу (на рис. 2 позначено як ΔU_{S+}). У третьому полі здійснюються підготовчі операції, аналогічні операціям в 1-му полі. У четвертому полі відбувається зчитування накопиченого за час 3-го поля потенціального рельєфу, який за полярністю є інверсним до потенціального рельєфу, зчитаного в другому полі (на рис. 2 позначено як ΔU_{S-}). Як

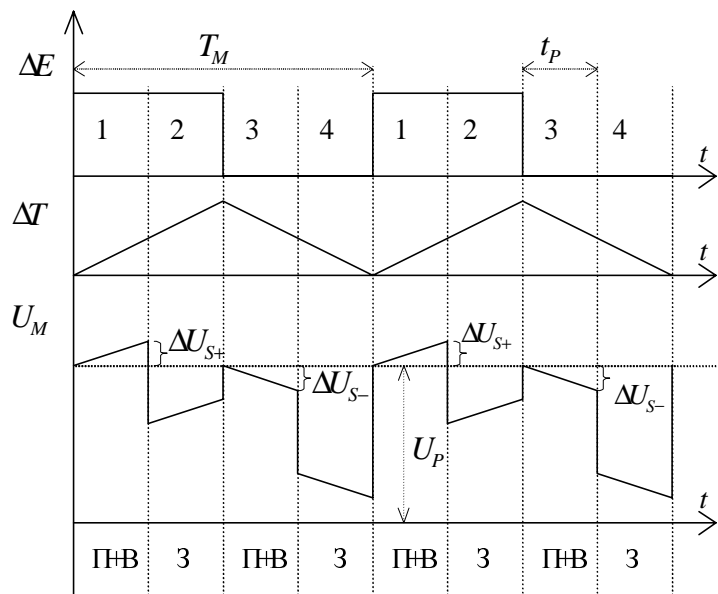


Рис. 2. Часові діаграми 4-польового робочого циклу піровідикона: ΔE – потік ІЧ випромінювання; ΔT – приріст температури мішені; U_M – потенціал сканованої поверхні мішені. Відповідно літерами “П”, “В”, “3” позначено фази створення п'єдесталу, вирівнювання та зчитування

зазначалось вище, фазу компенсації можна також аналогічно здійснити під час зворотного ходу рядка зчитування, чи під час кадрового зворотного ходу поля зчитування. В останньому випадку відпаде потреба в лінійно-ступінчастій кадровій розгортці, проте необхідним буде збільшення кількості рядків під час зворотного ходу для забезпечення необхідного коефіцієнта перекриття рядків растру, створюваного в фазі компенсації, що вимагатиме відповідної модифікації РР.

Оскільки в цьому робочому циклі потенціальний рельєф накопичується за час першого поля після зміни стану модулятора, то зниження частоти модуляції вдвічі порівняно з 2-польовим робочим циклом не призводить до погіршення ПРЗ.

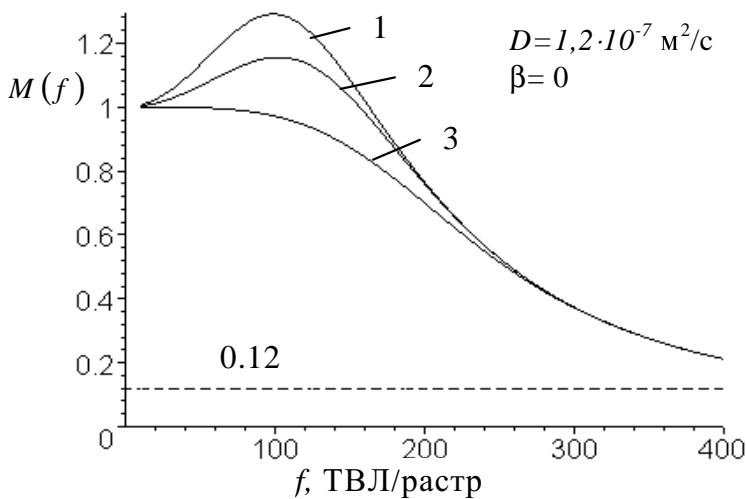


Рис. 3. Розрахункова МПФ ланки мішень-модулятор при використанні 6-польового (1), 4-польового (2) та 2-польового (3) робочого циклу. Частота полів розгортки – 50 Гц.

Це підтверджується аналізом МПФ ланки мішень – модулятор, для якої отримано такий вираз:

$$M(f) = (1 - \beta) \cdot \frac{2f_m}{(\pi f)^2 D} \cdot \frac{1 - \exp\left(-D(\pi f)^2 / f_m\right)}{1 + \exp\left(-2D(\pi f)^2 / f_m\right)} \quad (3)$$

На рис. 3 зображено розраховану МПФ ланки мішень-модулятор для випадку використання запропонованого 4-польового режиму роботи при $f_m=12,5$ Гц (крива 1), а також, для порівняння, МПФ звичайного 2-польового робочого циклу при $f_m=25$ Гц (крива 3).

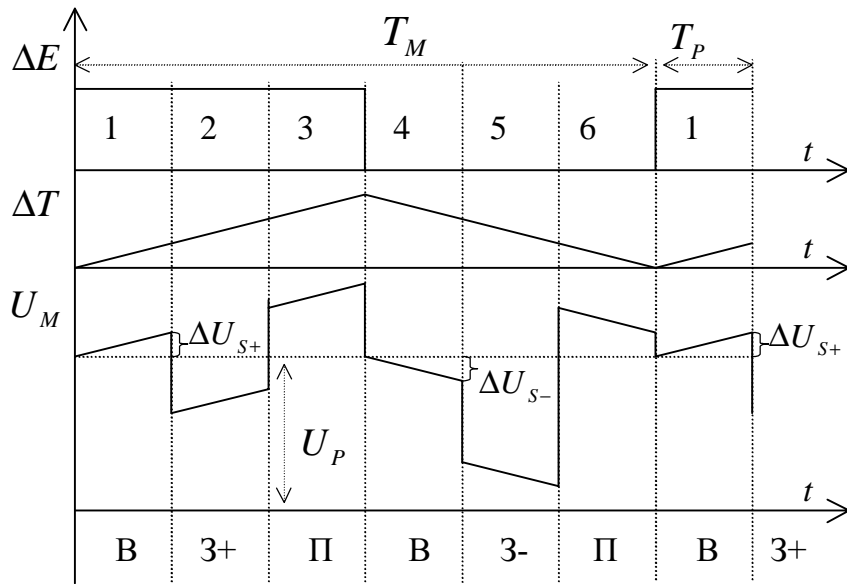
Припускалось, що мішень піровідикона структурована і виготовлена з тригліцинсульфату (ТГС). Як можна бачити, для високих просторових частот, МПФ цих двох робочих циклів збігаються, а для середніх просторових частот МПФ пропонованого робочого циклу є навіть кращою. У варіанті робочого циклу (рис. 2) можна застосувати також вдвічі вищу частоту модуляції, однак, в цьому випадку буде зчитуватися лише однополярний сигнал, що унеможливить застосування різницевої обробки.

Перевагами 4-польового робочого циклу є звичайна схемотехніка РР, покращання якості вирівнювання за рахунок збільшення тривалості фази вирівнювання та просторового суміщення рядків вирівнювання з рядками зчитування. Недоліки – двократне зниження кількості активних полів розгортки, порівняно із 2-польовим робочим циклом, та необхідність модифікації ФВС і кадрової розгортки.

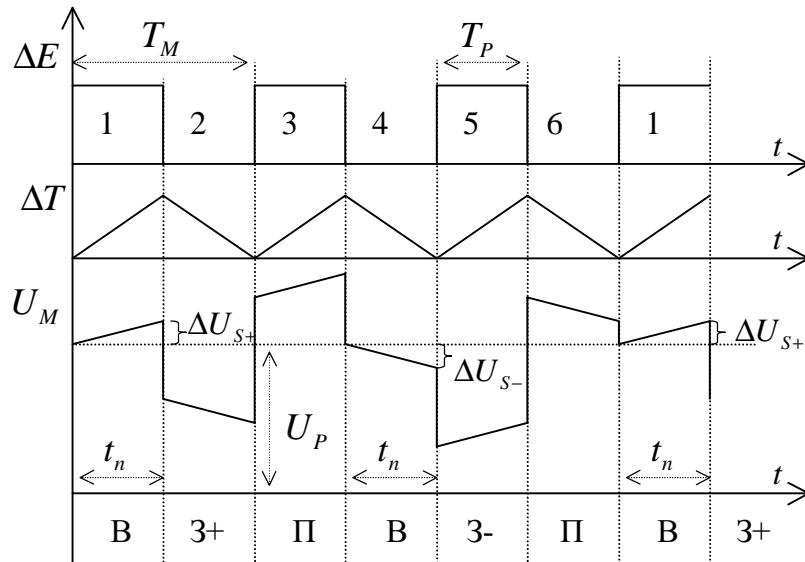
Використання звичайних відиконних розгортки та ФВС можливе в разі застосування 6-польового робочого циклу. Такий робочий цикл можна реалізувати для двох можливих періодів модуляції – тривалістю 6 (рис. 4, а) полів та 2 поля (рис. 4, б) розгортки. Варіант (рис. 4, б) забезпечує МПФ ідентичну 2-польовому робочому циклу, а для МПФ варіанта (рис. 4, а) отримано такий вираз:

$$M(f) = (1 - \beta) \cdot \frac{3f_m}{(\pi f)^2 D} \cdot \frac{1 - \exp\left(-2D(\pi f)^2 / (3f_m)\right)}{1 + \exp\left(-2D(\pi f)^2 / f_m\right)} \quad (4)$$

Розраховану за цим рівнянням МПФ показано на рис. 3 (крива 1). Як можна бачити, в 6-польовому робочому циклі (рис. 4, а) забезпечується дещо більший підйом МПФ в ділянці середніх просторових частот, порівняно із 4-польовим робочим циклом. Однак збільшення періоду модуляції при незмінній швидкості робочого краю модулятора (яка визначається швидкістю вертикального сканування) не вигідне через необхідність збільшення діаметра дискового модулятора і (або) радіуса кривизни робочого краю, що, своєю чергою, призводить до збільшення габаритів ТК і (або) неоднорідності чутливості по полю мішені. Отже, для портативних ТК більш прийнятним можна вважати варіант 6-польового циклу за рис. 4, б, який також є прийнятнішим при модернізації ТК з 2-польовим робочим циклом.



а)



б)

Рис. 4. Часові діаграми для 6-польового робочого циклу та різних періодів модуляції:

а) $T_M = 6T_p$; б) $T_M = 2T_p$.

Особливості робочого циклу РЕМЕТ відикона. Розглянемо можливі варіанти реалізації робочих циклів для нещодавно розробленої ЕПТ з піроелектричною мішенню – РЕМЕТ відикона [7]. РЕМЕТ відикон відрізняється від звичайних піровідиконів лише конструкцією мішені та методом зчитування потенціального рельєфу, який полягає в модуляції потоку електронів полем комірок структурованої мішені. Цей метод зчитування потенціального рельєфу застосовується в запам'ятовуючих ЕПТ [11]. Новий метод зчитування дозволив збільшити чутливість РЕМЕТ відикона порівняно із звичайним піровідиконом в 5 – 10 разів.

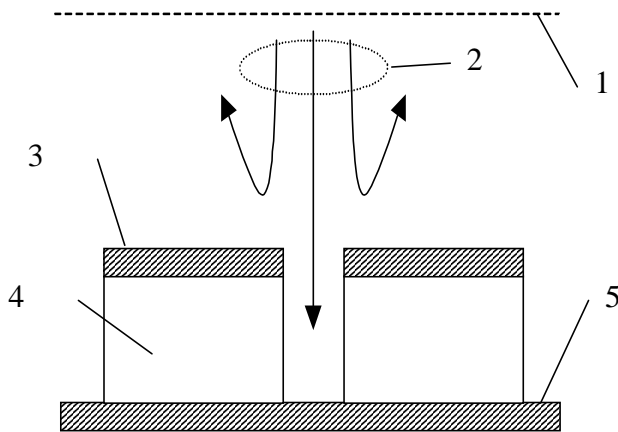


Рис. 5. Конструкція мішені та метод зчитування потенціального рельєфу, що застосовується в РЕМЕТ відиконі: 1 – вирівнююча сітка; 2 – електронний пучок; 3 – тонкий шар алюмінію (0,5 мкм); 4 – піро-електрик; 5 – колектор електронів (сигнальна пластина)

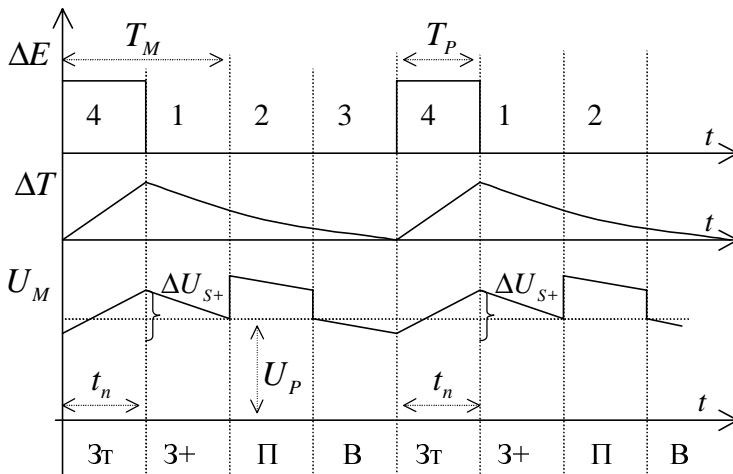


Рис. 6. Часові діаграми несиметричного 4-польового робочого циклу РЕМЕТ відикона згідно з роботою [7]

Отже, основна відмінність підготовки мішені РЕМЕТ відикона порівняно із звичайним піровідиконом полягає в необхідності створення від'ємного п'єдесталу.

Розробниками РЕМЕТ відикона запропоновано несиметричний 4-польовий робочий цикл з 3-фазовим скануванням, зображений на рис. 6 [7]. У першому полі цього робочого

Конструкцію мішені РЕМЕТ відикона зображено на рис. 5. Робочий цикл РЕМЕТ відикона подібно до звичайного піровідикона передбачає підготовку мішені, зчитування потенціального рельєфу та модуляцію потоку випромінювання. Підготовка полягає в формуванні на сканованій поверхні піроелектричної мішені 3 робочого потенціалу в діапазоні $U_0=0\dots-10$ В. Потенціал колектора електронів 5 (сигнальної пластини) вибирається в діапазоні $+10\dots+60$ В. При зчитуванні на катоді встановлюється нульовий потенціал і мішень сканується в режимі повільних електронів. Оскільки потенціал колектора додатний, то частина електронів потрапляє на колектор, проходячи між елементами мозаїки. При цьому, електричне поле мозаїки модулює потік електронів (ширину каналу). Зміна температури піроелектрика спричиняє зміну потенціалу сканованої поверхні мішені і, відповідно, зміну струму колектора. При достатньому значенні від'ємного потенціалу U_0 електронний пучок не заряджає мішень (зчитування потенціального рельєфу є неdestructивним), а комутаційна інерційність РЕМЕТ відикона наближається до нуля.

циклу (одразу після закриття модулятора) відбувається зчитування накопиченого за час попереднього поля потенціального рельєфу (при нульовому потенціалі катода). У другому полі вторинноноємісійним методом відбувається додатне зарядження мішені (потенціал катода – $-80\dots 100$ В). У третьому полі здійснюється вирівнювання потенціалу мішені до заданого значення U_0 подачею відповідного потенціалу на катод ($0\dots -10$ В). У четвертому полі відкривається модулятор, відбувається експозиція мішені і здійснюється зчитування сигналу сформованого п'єдесталу (темного потенціального рельєфу, на рис.6 позначено як “Зт”). Сигнал утворений в 4 полі при подальшій обробці віднімається від сигналу, утвореного в першому полі, що дозволяє усунути неоднорідності п'єдесталу та структурні шуми мішені. Проведений аналіз показав, що МПФ цього робочого циклу визначається залежністю (3), при підстановці $\beta = 0$.

Згаданий робочий цикл має суттєві недоліки. Зокрема, для зчитування використовується лише кожне четверте поле розгортки, що істотно погіршує динамічні характеристики ТК. Несиметричний робочий цикл є неоптимальним з погляду подальшої обробки сигналу. Віднімання корисного сигналу постійної полярності та сигналу п'єдесталу усуває нерівномірності розподілу п'єдесталу та завади, спричинені структурою мішені, проте збільшує в $\sqrt{2}$ рази рівень некорельованих шумів (переважно це шуми відеопідсилювача). Несиметрична функція модуляції також призводить до зростання неоднорідності чутливості по площі мішені, збільшення габаритів модулятора та складності його балансування.

Для усунення цих недоліків (повного чи часткового) в РЕМЕТ відиконі можна використати один з варіантів описаних вище багатопольових робочих циклів, що вимагатиме лише зміни потенціалів, які подаються на катод ЕПТ під час кожної з фаз сканування. При цьому, порівняно із несиметричним робочим циклом, будуть забезпечені вища частота оновлення зображення та двократне покращання відношення С/Ш за рахунок більш ефективної обробки сигналу, коли віднімання інверсних сигналів різних полів крім збільшення в $\sqrt{2}$ рази рівня некорельованих шумів забезпечить подвоєння корисного сигналу. Симетрична функція модуляції також забезпечить можливість використання у ТК як звичайних піровідиконів, так і РЕМЕТ відиконів. Часові діаграми б–польового робочого циклу для випадку застосування сумісно з РЕМЕТ відиконом показано на рис. 7, а. Як можна бачити, вони відрізняються від діаграм рис. 4, б лише характером зміни потенціалу мішені.

Особливості зчитування потенціального рельєфу в РЕМЕТ відиконі дають змогу реалізувати робочий цикл так, щоб забезпечити корельованість шумів п'єдесталу в суміжних полях розгортки, що дозволить повністю їх усунути при подальшій обробці. Ця можливість базується на наступному. При достатньому значенні від'ємного робочого потенціалу сканованої поверхні мішені РЕМЕТ відикона зчитування є неструктурним і не змінює потенціальний рельєф. Після проведення підготовки мішені потенціал її поверхні змінюється, в основному, лише за рахунок власної провідності піроелектрика, яка є дуже малою (піроелектрики є хорошими діелектриками) та за рахунок іонного струму залишкових газів [11]. Постійна часу розрядки мішені суттєво перевищує тривалість поля розгортки. Тому робочий цикл РЕМЕТ відикона можна реалізувати так, щоб на один цикл підготовки мішені (компенсація + вирівнювання) припадало $2n$ послідовних циклів зчитування. При цьому тривалість періоду модуляції повинна становити 2 поля розгортки. За таких умов шуми п'єдесталу в суміжних полях будуть корельованими. Подальше застосування різницевої обробки

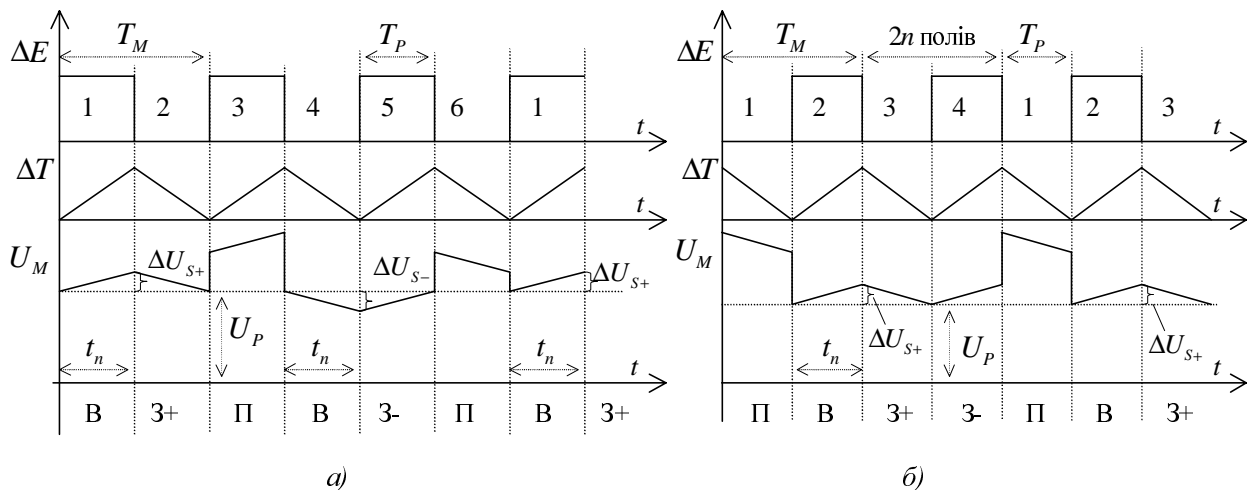


Рис. 7. Часові діаграми робочого циклу РЕМЕТ відикона:
 а – 6-польовий робочий цикл; б – 2+2n – польовий робочий цикл

дозволить повністю усунути шуми п'єдесталу. Часові діаграми такого робочого циклу зображено на рис. 7, б. Максимальний період повторення циклів підготовки мішені (число $2n$) буде визначатися постійною часу розрядки мішені, тобто конкретним екземпляром РЕМЕТ відикона. МПФ запропонованого робочого циклу аналогічна МПФ 2-польового робочого циклу звичайного піровідикона.

Отже, перевагами пропонованого нами варіанта робочого циклу РЕМЕТ відикона є: висока частота оновлення зображення, яка при значних n наближається до частоти полів розгортки; усунення шумів п'єдесталу; симетрична конструкція та малі габарити модулятора.

Висновки. Застосування робочих циклів формування сигналу піровідиконних ТК із здійсненням усіх фаз сканування мішені піровідикона в одному полі розгортки призводить до ускладнення конструкції ТК, погіршення ефективності придушення шумів п'єдесталу та подальшої обробки сигналу.

Запропоновані багатопольові цикли формування сигналу для звичайних піровідиконів дозволяють спростити схемотехніку розгортки та конструкцію ФВС ТК, зменшити рівень шумів п'єдесталу завдяки формуванню більш однорідного п'єдесталу та покращанню ефективності подальшої обробки різницеvim методом. Використання пропонованих багатопольових робочих циклів сумісно з РЕМЕТ відиконом дозволяє також збільшити частоту оновлення зображення, спростити конструкцію модулятора потоку випромінювання, покращити відношення сигнал/шум вдвічі порівняно з методом, пропонованим розробниками РЕМЕТ відикона [7]. Запропоновано багатопольовий робочий цикл, який враховує особливості зчитування потенціального рельєфу в РЕМЕТ відиконі і дозволяє усунути шуми п'єдесталу та спростити конструкцію модулятора.

1. Cosa A. J. The pyroelectric vidicon - a review // SMIE. 1987. V. 807. N 1. P. 25-32.
2. Кейзан Б., Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений, Т. 3. – М.: Мир 1980, 311 с.
3. Singer B., et al., Suppression of pedestal noise in a pyroelectrics vidicon // IEEE Transactions on Electron Devices, 1980, Vol. ED-27, P. 193-198.
4. US Patent №4100574, H04N5/33, 1978.
5. Авдеев П., и др., Анализ эффективности работы пировидиконов в режиме модуляции // Техника средств связи. Сер.: Техника телевидения, Вып. 1, 1991, С. 8–14.

6. Helmick C., Woodworth W. Improved performance from pyroelectric vidicon by image-difference processing // *Ferroelectrics*, 1976, p. 390–397. 7. Н. А. Березкин, А. З. Дун, С. Ю. Меркин, Новая высокочувствительная телевизионная передающая трубка с пироэлектрической мишенью, использующая эффект модуляции тока электронного луча, *РЕМЕТ // Прикладная физика*, № 3, 1999. 8. Ноу V. Selection of scanning mode and target reading/preparation method for pyrovi-dicon based thermovision systems design // *Proc. CADSM'2001, Lviv-Slavsko, 12-17 February, 2001*. 9. Грицьків З., Гой В., Кондратов П. Дослідження растрової неоднорідності n' едесталу в піровідиконах // *Вісник ДУ "ЛП" №387, Радіоелектроніка та телекомунікації*, Львів, 2000, с. 370–374. 10. Грицьків З., Гой В., Кондратов П., Аналіз особливостей роботи піровідикону при суміщених полях фокусування і відхилення // *Вісник ДУ "ЛП" №399*. 200. С. 53–59. 11. Денбновецкий С.В., Лецишин А.В., Семенов Г.Ф. Преобразование информации на новых запоминающих ЭЛТ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 112 с.

УДК 621.384.326

**Віталій Гой, Петро Кондратов, Анатолій Педан,
Геннадій Туркінов, Володимир Шклярський**
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

ФОКУСУЮЧО-ВІДХИЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІРОВІДИКОННИХ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ КАМЕР

© Гой Віталій, Кондратов Петро, Педан Анатолій,
Туркінов Геннадій, Шклярський Володимир, 2001

Розглянуто варіанти побудови фокусууючо-відхилювальних систем для піровідиконних тепловізійних камер із застосуванням нових матеріалів і технічних рішень, які дозволяють підвищити роздільну здатність, зменшити споживану потужність та геометричні спотворення тепловізійної камери при одночасному покращанні масо-габаритних показників.

The variants of focusing-deflection system design for pyroelectric vidicon thermovision cameras with applying of the new materials and technologies are considered. Proposed design provides improved resolution, decreased power consumption, geometric distortions, weight and overall dimensions.

Вступ. Засоби розгортки та фокусування електронного променя в піровідиконі є основними чинниками впливу майже на всі параметри тепловізійної камери (ТК). Відтак розробка нових фокусууючо-відхилювальних систем (ФВС) та розгортки дозволила б, при зменшенні масо-габаритних показників, підвищити роздільну здатність і зменшити споживання та геометричні спотворення растру.

Вибір форми, складу, компоновання та типу виконання обмоток ФВС значною мірою зумовлений конструкцією та параметрами піровідикона, як електронно-променевого приладу. З огляду на незначне значення прискорюючої напруги, малий кут відхилення та габарити, для відиконів та конструктивно подібних до них піровідиконів (ПВ) засто-